FORAMINIFEROS BENTONICOS Y SU RELACION CON LA MATERIA ORGANICA PARTICULADA EN EL SEDIMENTO

Por
Diego Losada Muñoz *, Carmen Parada Ruffinatti **

RESUMEN

Se establece la relación entre algunas especies de foraminíferos bentónicos y de la biocenosis en general, con el substrato rico en materia orgánica particulada de origen vegetal, en una laguna costera rodeada de manglares.

ABSTRACT

The relation between some benthic foraminiferal species and the biocenosis with the organic particules rich substrate in a coastal lagoon surrounded by magrove forest, is stablished.

INTRODUCCION

Hace ya tiempo se ha demostrado la clara relación existente entre los foraminíferos y la calidad del substrato, no sólo en cuanto a su granulometría, sino también a otros caracteres composicionales como el que se estudia en el presente trabajo, la materia orgánica particulada. Otros factores ambientales, tales como la temperatura, salinidad, profundidad, pH, oxígeno disuelto, nutrientes, corrientes, etc., tienen una importancia fundamental sobre la distribución de las especies de foraminíferos, pero pueden estar también muy involucrados dentro del proceso hidrodinámico que permite la sedimentación

---

* Biólogo. Biocent Ltda., Apartado Aéreo 30682, Bogotá, D. E.

** Profesora Asociada. Instituto de Ciencias Naturales - Universidad Nacional de Colombia. Apartado Aéreo 7495, Bogotá, D. E.

de materiales finos ricos en partículas orgánicas. La materia orgánica, por su parte, influye sobre el contexto físico-químico, principalmente por los acentuados procesos de descomposición microbiana, que provocan tensiones de óxígeno disuelto y de pH.

Tanto SAUNDERS (1958) como BOLTOVSKOY y MUÑIZ (1977), establecen que en los fondos de sistemas dominados por el manglar, predominan los foraminíferos aglutinados, principalmente de la familia Lituolidae, posiblemente por una mayor disponibilidad de partículas de tamaños adecuados para la construcción de sus conchas.

SEIGLIE (1968, 1974 a, b) concluye que los ambientes ricos en materia orgánica, poseen una fauna de foraminíferos muy característica, que se puede considerar como "indicadora", constituida por especies de los géneros *Ammonia* y *Cribroelphidium,* lo cual coincide con las afirmaciones de BONILLA y SELLIER DE CIVRIEUX (1972), quienes hallaron la predominancia de los mismos géneros en una laguna costera venezolana.

En el presente trabajo, se enfoca con mayor atención el patrón predominante de distribución de las especies de foraminíferos bentónicos y de la estructura exhibida por la biocenosis de foraminíferos a lo largo de un gradiente pronunciado de materia orgánica particulada en el sedimento de la ciénaga de Cocoliso, una laguna costera rodeada completamente por manglar.

MATERIALES Y METODOS

El material coleccionado en el año 1981, consistente en sedimentos superficiales obtenidos a partir de un muestreo sistemático en 13 puntos, a lo largo de un transecto que bordea el cinturón de manglar en la ciénaga de Cocoliso, archipiélago de Nuestra Señora del Rosario, Cartagena, Colombia (Fig. 1).

La recolección y el tratamiento de las muestras se hizo siguiendo a BOLTOVSKOY (1965) y WALTON (1952). Las microplacas con el material montado se catalogaron posteriormente y se depositaron en la colección de foraminíferos del laboratorio de Paleontología del Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia. El análisis del contenido de materia orgánica y de carbonato de calcio en el sedimento se realizó mediante técnicas recomendadas por BRIGGS (1977). Los aspectos sistemáticos se desarrollaron con base en el trabajo de LOEBLICH y TAPPAN (1964) y la determinación de los taxa se hizo parcialmente por comparación con la colección de referencia del ICN-MHN y con las descripciones originales (ELLIS y MESSINA, 1940), además de las disponibles en la bibliografía.

El estudio de la comunidad de foraminíferos se enfoca desde un punto de vista estructural, analizando:

— Ordenamiento polar indirecto de las especies con respecto al contenido de materia orgánica, según el procedimiento de BRAY y CURTIS (1957).

— Diversidad de especies, por medio de la aplicación del índice de diversidad de SHANNON-WEAVER.

— Dominancia, por medio de la aplicación del índice de SIMPSON.

— Amplitud del nicho, calculado aplicando el índice de información de SHANNON-WEAVER.

RESULTADOS

1. Contenido de materia orgánica particulada en el sedimento.

El contenido de materia orgánica particulada en el sedimento presenta un amplio rango de variación, disponiéndose en un gradiente que aumenta desde la boca hacia el interior.

Los porcentajes obtenidos fluctúan entre 1.9-5.3 en la zona externa de la ciénaga, entre 7.6-18.5 en el área media y de 19.2-25.1 en la parte más interna (Fig. 1).

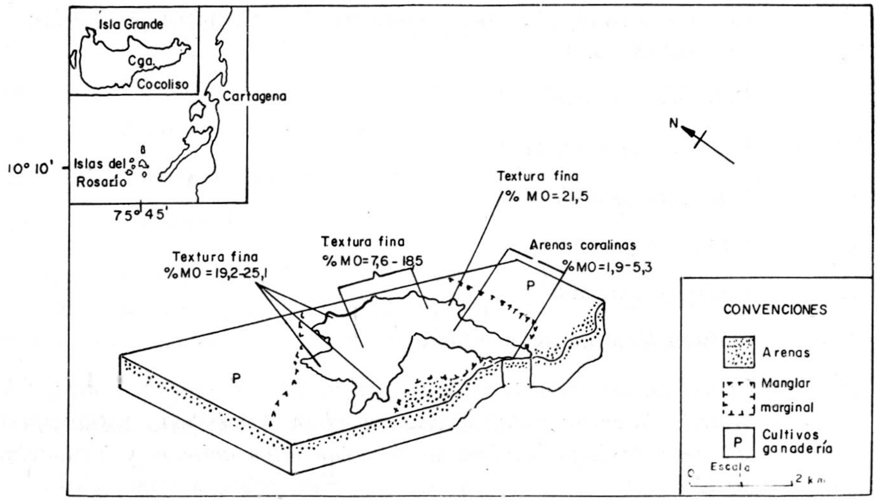

Isla Grande
Cga.
Cocoliso
Cartagena
10° 10'
Islas del Rosario
75° 45'
N
Textura fina
% MO = 21,5
Textura fina
% MO = 7,6 - 18,5
Arenas coralinas
% MO = 1,9 - 5,3
Textura fina
% MO = 19,2-25,1
P
P
P
CONVENCIONES
Arenas
Manglar marginal
Cultivos ganadería
Escala
0
1
2 km

FIGURA 1. Ubicación geográfica de la ciénaga de Cocoliso y estereodiagrama explicativo de los principales componentes paisajísticos y características sedimentológicas en el área de estudio.

2. Composición de la Biocenosis.

Se identificaron 53 formas diferentes en la biocenosis de la ciénaga de Cocoliso, ampliamente dominada por formas calcáreo-hialinas con algunos componentes aglutinados hacia el interior de la laguna costera; mientras que hacia la parte externa, se hallan principalmente formas calcáreo-aporcelanadas.

Las especies se presentan a continuación, con un número de código:

Código	*Especie*
1	*Ammonia beccarii* var. *parkinsoniana*
2	*Quinqueloculina subpoeyana*
3	*Triloculina trigonula*
4	*Rosalina floridana* y *Spirolina arietina*
5	*Rosalina valvulata*
6	*Bolivina subexcavata*
7	*Discorbis avalonensis*
8	Grupo de especies poco abundantes, conformado por: *Anomalina* aff. *A. hughesi, Cymbaloporetta squammosa, Cymbaloporetta tobagoensis, Planorbulina mediterranensis, Quinqueloculina crassa* var. *subcuneata, Quinqueloculina* sp. *3, Triloculina gualtieriana* y *Triloculina* sp. 1
9	*Bolivina vaughani*
10	*Rosalina subaraucana*
11	*Discorbis granulosa*
12	*Gaudryina exilis*
13	*Bolivina lowmani*
14	*Quinqueloculina subpolygona*
15	Grupo de especies raras, conformado por: *Discorbis conica, Glabratella hexacamerata, Quinqueloculina petrophila, Siphonaperta sabulosa, Quinqueloculina* sp. 4, *Triloculina oblonga* y *Triloculina* sp. 2
16	*Nonionella auricula*
17	*Amphistegina lessonii*

Código	*Especie*
18	*Spirillina vivipara*
19	*Trichohyalus aguayoi*
20	*Quinqueloculina* sp. 1
21	*Ammobaculites agglutinans*
22	*Sagrina pulchella primitiva*
23	*Elphidium discoidale*
24	*Cibicidella variabilis*
25	Grupo de especies, compuesto por: *Bolivina inflata* y *Cymbaloporetta bradyi*
26	*Quinqueloculina goësi*
27	*Quinqueloculina laevigata*
28	*Rosalina globularis*
29	*Elphidium matagordanum*
30	*Quinqueloculina planciana*
31	*Bolivina striatula*
32	*Rosalina columbiensis*
33	*Ammonia beccarii* var. *sobrina*
34	*Bolivina pseudoplicata* y *Cribroelphidium kugleri*
35	*Quinqueloculina bosciana*
36	*Ammonia beccarii* var. *tepida*
37	*Ammotium salsum*

Las especies agrupadas en el mismo numeral comparten valores similares de abundancia y ocupan igual localidad. Estos parámetros son determinantes para el análisis de la comunidad de foraminíferos en el área.

3. Análisis estructural de la comunidad.

Ordenamiento polar indirecto. El método de ordenamiento polar indirecto permite ubicar las especies como puntos representativos de un núcleo, alrededor del cual los grados de importancia se ordenan en forma decreciente (Fig. 2).

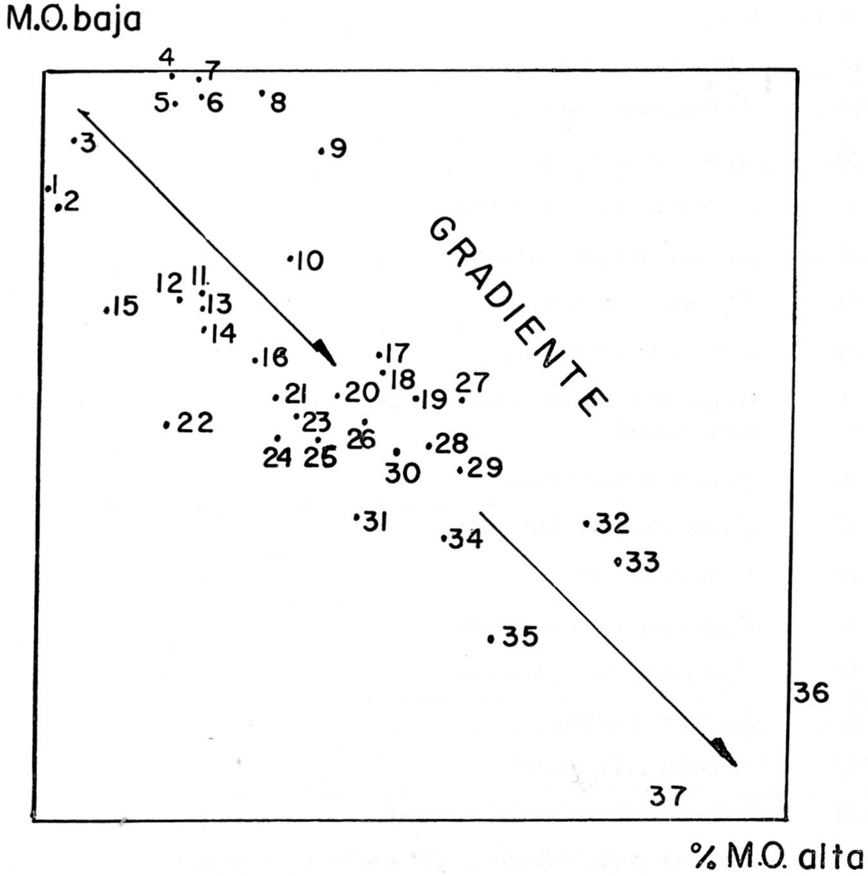


FIGURA 2. Ordenamiento polar de las especies de foraminíferos de la ciénaga de Cocoliso, con respecto al gradiente de materia orgánica.

Las especies se disponen a lo largo del gradiente de materia orgánica en una forma muy consistente con el planteamiento de la teoría organísmica de la comunidad. Se observa un cambio gradual de las especies desde los bajos niveles de materia orgánica hacia los niveles altos, como se indica con la flecha que cruza la figura.

Se ubican en el extremo superior izquierdo, las especies que conforman un núcleo en la zona de la boca de la ciénaga, formada por poblaciones que colonizan esta porción y provienen de la parte externa de la laguna. Tales especies corresponden a los códigos 1 a 15.

En el extremo inferior derecho, se localizan las especies que ocupan los sectores con mayores contenidos de materia orgánica particulada, correspondientes a la zona más interna de la laguna. Se trata de las especies con los códigos 32, 33 y 35 a 37.

Entre los dos extremos, se encuentran las especies asociadas al gradiente, cuyas abundancias varían a lo largo de éste, ubicándose más cerca a uno u otro de los extremos y sus códigos son del 16 al 31 y el 34.

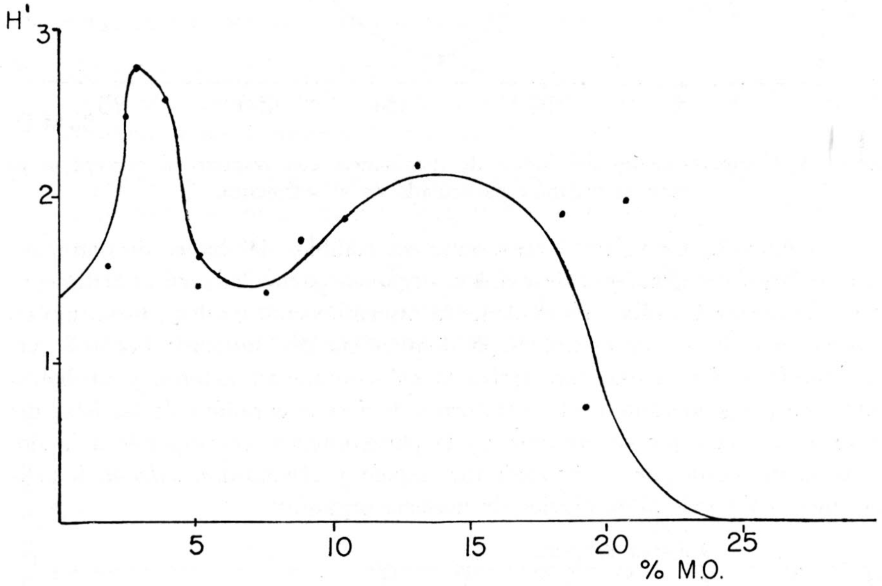


Figura 3. Distribución de los índices de diversidad en relación con el porcentaje de materia orgánica particulada en el sedimento.

Diversidad de especies. La figura 3 muestra cómo la diversidad de especies presenta dos picos: uno hacia niveles bajos de materia orgánica y otro hacia niveles medios. El primero corresponde a una sub-comunidad ubicada en la boca de la ciénaga (30 spp.). El segundo representa a las especies ubicadas sobre el gradiente (29 spp.) disminuyendo luego la diversidad en forma drástica en los niveles altos de materia orgánica particulada (5 spp.) hasta el punto de máxima concentración, donde no se encuentran ejemplares vivos, sino solamente conchas vacías.

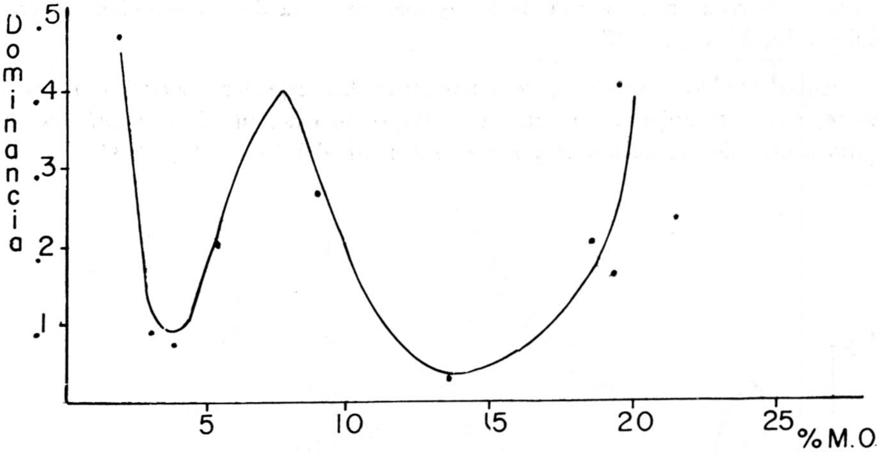


FIGURA 4. Comportamiento del índice de dominancia con respecto al porcentaje de materia orgánica particulada en el sedimento.

Dominancia. La figura 4 representa los cambios del índice de dominancia a lo largo del gradiente de materia orgánica particulada en el sedimento de la ciénaga de Cocoliso. Es evidente la discriminación de dos picos: uno en la zona de la boca, representando la dominancia de *Ammonia beccarii* var. *parkinsoniana,* forma que caracteriza la sub-comunidad externa y probablemente sea preponderante en la plataforma de arenas coralinas de las islas del Rosario. El pico que se presenta en la parte interna, corresponde a la dominancia impuesta por *A. beccarii* var. *tepida* y *Ammotium salsum,* formas que toleran los más altos niveles de materia orgánica.

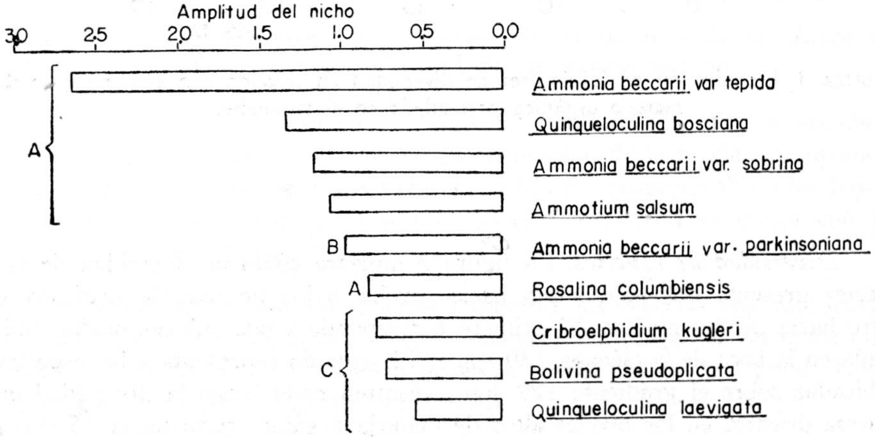


FIGURA 5. Estimativos de la amplitud del nicho de las principales especies halladas en la biocenosis del área de estudio.

Amplitud del nicho. La figura 5 presenta los estimativos de amplitud de nicho para las principales especies halladas en la biocenosis del área de estudio. Se anota que es la primera vez que se utiliza este procedimiento en estudios de foraminíferos bentónicos. Este parámetro corresponde claramente con la posición de las especies a lo largo del gradiente en cuestión, de manera que se pueden extraer tres categorías:

A. Especies con valores más altos: *Ammonia beccarii* var. *tepida, Quinqueloculina bosciana, A. beccarii* var. *sobrina* y *Ammotium salsum,* los convertidores de energía más eficientes en condiciones lagunares con altas cargas de materia orgánica. Se puede incluir en este grupo a *Rosalina columbiensis* por su ubicación en la parte interna de la ciénaga.

B. *Ammonia beccarii* var. *parkinsoniana,* especie con mayor representación en la zona externa de la laguna costera. Caracteriza el substrato arenoso coralino de la plataforma de las islas del Rosario.

C. Especies menos abundantes, pero con un areal relativamente amplio en la parte media de la laguna, desapareciendo en los valores extremos de materia orgánica: *Cribroelphidium kugleri, Bolivina pseudoplicata* y *Quinqueloculina laevigata.* Tales especies poseen alguna habilidad para utilizar la materia orgánica detrítica, pero se sitúan relativamente cerca de los límites de tolerancia para este recurso.

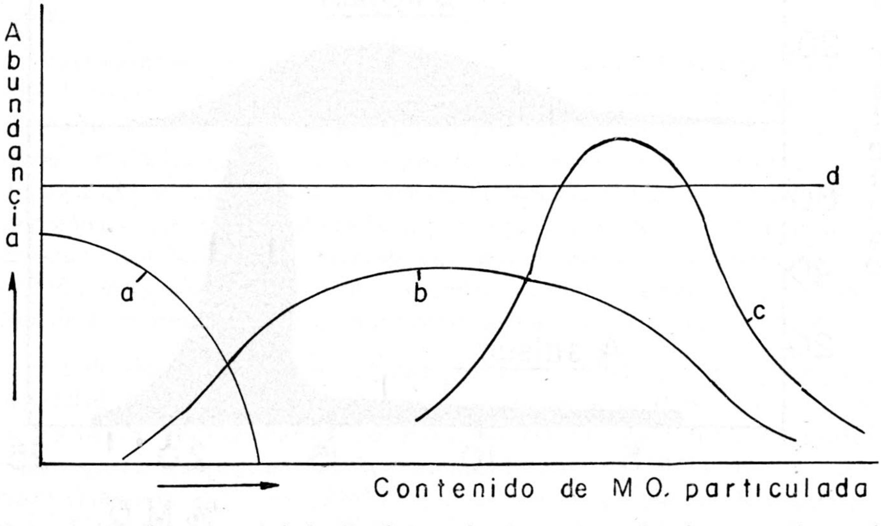


FIGURA 6. Modelo general de la distribución de especies más abundantes en el área de estudio. a) Especies de los niveles bajos de materia orgánica; b) Especies con distribuciones amplias y máximas en los niveles intermedios del gradiente; c) Especies asociadas a los mayores niveles de materia orgánica; d) Especies afectadas por otros factores y que no muestran una clara relación con el gradiente.

4. Patrones de distribución de las especies.

Por medio de un ordenamiento directo, se establece la distribución de las especies de foraminíferos más abundantes en el área de estudio y, a partir de los comportamientos observados, se presenta un modelo general (Fig. 6). La figura 7 muestra la abundancia relativa de algunas de las especies que ejemplifican los modelos presentados anteriormente.

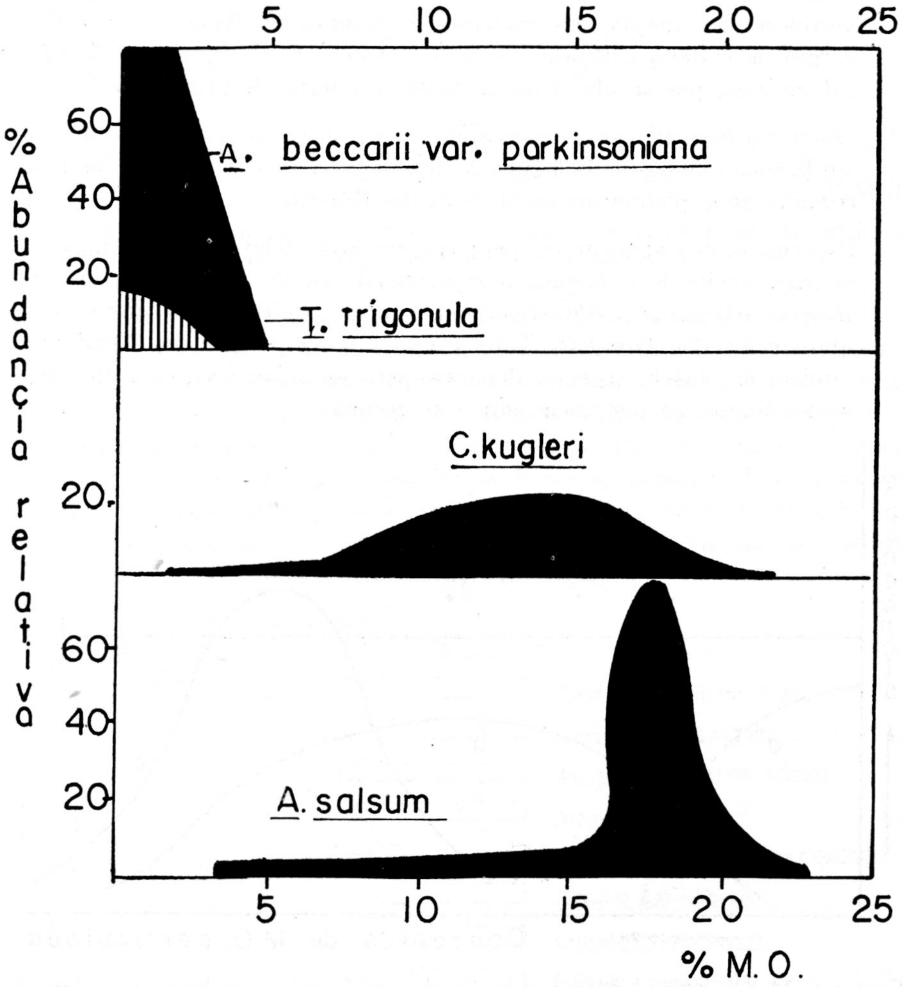


FIGURA 7. Abundancia relativa de *A. beccarii* var. *parkinsoniana, T. trigonula, C. kugleri* y *A. salsum,* con respecto al porcentaje de materia orgánica particulada en el sedimento.

DISCUSION

Se considera que la biocenosis de foraminíferos bentónicos del substrato rico en material vegetal particulado, en la ciénaga de Cocoliso, está constituida por dos núcleos o sub-comunidades diferentes, localizadas en los extremos del gradiente, entre los cuales se reemplazan gradualmente las especies constituyentes.

La primera de tales sub-comunidades está formada por especies identificadas en la plataforma coralina de isla Barú (PARADA y PINTO (1986) y, en general, para la parte externa de las lagunas costeras del área.

Las especies del interior de la ciénaga, se han registrado en algunos casos para substratos cercanos a manglares (PARADA y LONDOÑO, 1983) y específicamente la asociación de *Ammonia beccarii* var. *tepida* y *Ammotium salsum* ha sido reportada por SEIGLIE (1974b) para substratos ricos en material vegetal. Tales especies, en menor número, son capaces de sobrevivir como transformadores de energía en las condiciones drásticas del ambiente lagunar interno.

Como la diversidad de especies es un atributo del nivel de comunidad, expresada a partir de las abundancias de las especies que la conforman (MARGALEF, 1957; PIELOU, 1975), cada una de las sub-comunidades establecidas debe presentar su propia expresión de diversidad, como sucede realmente.

Este parámetro se puede considerar como indicador de la intensidad del flujo de energía y de su complejidad, con base en los nichos disponibles (MCARTHUR, 1968). Se considera entonces que habrá un cambio en los nichos, correlativo con los cambios progresivos de los valores de diversidad, a medida que se incrementan los aportes de materia orgánica y se acumulan intensamente. La comunidad quedará, por lo menos en cuanto a foraminíferos bentónicos, conformada por especies que utilicen con éxito los recursos disponibles, entre ellos los biodetritos vegetales. Entre esas especies, se destacan *Ammonia beccarii* var. *tepida*, *Ammotium salsum* y *Quinqueloculina bosciana*.

La dominancia, como su nombre lo indica, señala en qué grado una comunidad está "dominada" por una o unas pocas especies. Es corriente que los valores altos de dominancia, se asocien con una relativa homogeneidad de las especies que estructuran la comunidad (PIELOU, 1975) como lo describen CARBONEL y PUJOS (1981), para un medio con mezcla deficiente de masas de agua en la laguna de Túnez, donde la fauna de foraminíferos es homogénea y dominada por las formas del grupo de *Ammonia beccarii*.

Se debe anotar que la diversidad de especies y la dominancia, se correlacionan negativamente, de aquí que los valores mayores de dominancia se encuentren en los extremos del gradiente y en zonas transicionales, donde la diversidad es baja y sólo permanecen aquellas especies altamente representativas dentro de la biocenosis de foraminíferos.

Es notable también el hecho de que las especies con valores más altos de amplitud del nicho, son también las más representativas y abundantes de las sub-comunidades, lo cual implica una baja especialización, seleccionada por la inestabilidad ambiental, fenómeno común en lagunas costeras.

El cambio gradual de las especies a lo largo del gradiente de materia orgánica, demostrado por los patrones de distribución de abundancia y por el ordenamiento polar indirecto, puede responder a los siguientes hechos:

— Resistencia diferencial de las especies a las condiciones de *stress* que se presentan en un sedimento rico en materia orgánica vegetal.

— Cambio en la calidad de la energía y en la oferta trófica en el interior de la laguna.

— Transformación en la consolidación del substrato, que en la parte externa está sujeto a una hidrodinámica fuerte, sedimentándose solamente la fracción gruesa de las arenas coralinas, ricas en carbonatos, mientras que en la parte interna, la hidrodinámica débil permite la depositación de materiales finos, constituyendo un substrato más blando.

Como evidencia que apoya el primer punto, se registran cambios en la concha de los foraminíferos. En primer lugar, algunos ejemplares del género *Cribroelphidium* presentan mineralización, esto es, precipitación de minerales que ocurre durante la anaerobiosis y que ha sido demostrada en los foraminíferos por SEIGLIE (1973), entre otros autores.

Por otra parte, se observan cambios en cuanto al engrosamiento de las paredes y globosidad de las cámaras en las conchas. La especie *Ammonia beccarii,* posee una concha más gruesa, compacta, en el exterior de la laguna, mientras que en el interior sus paredes son más delgadas y sus cámaras más globosas, lo cual puede estar relacionado con la hidrodinámica.

Se registra también variación morfológica en *Ammotium salsum,* cuyas conchas son más aplanadas en el interior de la laguna, donde el sedimento está menos consolidado.

Ya SEIGLIE (1968) había reportado que en ambientes sometidos a polución orgánica, las conchas de *Florilus grateloupii (=Nonionella grateloupii)* presentaban adelgazamiento de las paredes, fenómeno que se puede presentar en el área estudiada.

Tales cambios morfológicos se interpretan en este trabajo como una respuesta a la consolidación del substrato, donde los individuos deben evitar enterrarse en el sedimento muy blando hasta alcanzar la capa reductora y morir rápidamente.

El cambio en la calidad de la energía y la oferta trófica en el interior de la laguna, se puede deber a:

— Aportes importantes de la producción primaria del manglar, en forma de material detrítico que se integra al sedimento y se acumula como reserva de energía.

— Aumento de la turbidez, con el descenso consecuente del crecimiento de una comunidad de macrofanerófitas bénticas de importancia. En el interior del sistema de laguna, son más importantes las microfitobentónicas, por lo cual, de hecho se constituyen en una oferta trófica diferente (GONZÁLEZ y LALANA, 1982).

— Utilización directa de la materia orgánica particulada por parte de algunos foraminíferos, que se integrarían a su película superficial, pasando luego a los demás componentes de la trama trófica detrítica (HEINLE *et al.*, 1973). Otros organismos utilizarían materia orgánica disuelta o restos de otros consumidores, en menor proporción.

CONCLUSIONES

La estructura faunística de la biocenosis de foraminíferos bentónicos en substratos sujetos a aportes muy intensos de materia orgánica, derivada de los manglares, se diferencia no solamente en su contenido de especies, sino también en la morfología de sus ejemplares.

Se debe notar la ocurrencia de ecótipos diferenciados de acuerdo con las condiciones del substrato, como se plantea para *Ammonia beccarii,* la cual es mucho más calcificada y resistente en el exterior de la laguna, donde el sedimento es arenoso y carbonatado, que en el interior, con sedimento fino rico en material orgánico particulado.

El ordenamiento polar es un buen método para describir el cambio continuo de la biocenosis, ubicando la posición de las especies como un punto representativo de su núcleo de mayor abundancia alrededor del cual sus valores de importancia decrecen gradualmente. Es así como se comprueba la existencia de dos sub-comunidades diferentes, en la parte externa y en el interior de la ciénaga.

Como se esperaba, cada una de las sub-comunidades presenta su propio pico de diversidad de especies. Además, cada una está dominada por unas pocas formas, que corresponden a los convertidores de energía más eficientes para los diferentes tipos de oferta trófica y de influencias ambientales en cada uno de los sitios en consideración, así:

— *Ammonia beccarii* var. *parkinsoniana,* forma muy calcificada y fuerte de la especie, sometida a una hidrodinámica mayor y substrato grueso, con una oferta alimenticia diversificada.

— *Ammonia beccarii* var. *tepida, Ammonia beccarii* var. *sobrina, Quinqueloculina bosciana* y *Ammotium salsum,* formas en general globosas, con paredes delgadas, lo cual les confiere capacidad para mantenerse sobre el substrato fino y móvil, en un sitio donde las condiciones físico-químicas pueden llegar a ser drásticas y la hidrodinámica es débil. Considerando los detritos y el microfitobentos como la fuente básica de alimentos, tales especies tienen un *status* trófico complejo que se podría denominar detritívoro-herbívoro.

Las demás especies se sitúan sobre el gradiente formando una mezcla compleja de la cual algunas se destacan por su abundancia o área de distribución.

La distribución de las especies muestra cómo éstas varían gradualmente a lo largo del gradiente sin que haya discontinuidades marcadas, lo cual es consistente con la teoría organísmica de la comunidad, la cual plantea un *continuum* de variación estructural determinado por agentes ambientales, en este caso particular, la acumulación de detritos vegetales favorecida por un gradiente geomorfológico y de intensidad de mezcla de las masas de agua.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a las siguientes entidades: Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Ciencias Naturales - Museo de Historia Natural, Instituto de Investigaciones Pesqueras - INDERENA, COLCIENCIAS y al Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas de la Armada Nacional Colombiana. A todas las personas que hicieron posible la realización del presente trabajo, especialmente a los doctores FERNANDO DUQUE, Jefe del Parque Nacional Natural "Los Corales del Rosario", GABRIEL GUILLOT y GERMÁN MÁRQUEZ, de la Sección de Ecología de la Universidad Nacional de Colombia y MICHEL PUJOS de la Universidad de Burdeos. A EUGENIA DE BRIEVA por la confección de las figuras y a CAMILO CAMACHO y JULIO CABRA por el trabajo fotográfico.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

BOLTOVSKOY, E. 1965. Recolección de foraminíferos en las aguas someras y su preparación. Centr. Invest. Biol. Mar., Buenos Aires. Contr. Téc. (1) : 1-15.

BOLTOVSKOY, E. & L. MUÑIZ. 1977. Foraminíferos de la zona de manglar de Guayaquil (Ecuador). Mus. Argentino Cienc. Nat. "Bernardino Rivadavia" e Inst. Nac. Invest. Cien. Nat. Hidrobiología, **2** (3) : 31-49.

BONILLA, J. & J. M. SELLIER DE CIVRIEUX, 1972. Distribución y ecología de las facies *Ammonia y Cribroelphidium* en la laguna de Las Maritas (Venezuela). Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente, **11** (2) : 83-96.

BRAY, J. R. & J. T. CURTIS. 1957. Ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. Ecol. Monogr., **27**: 325-349.

BRIGGS, D. 1977. Sediments. Londres: Butterworths. 192 pp.

CARBONEL, P. & M. PUJOS. 1981. Comportement des microfaunes benthiques en milieu lagunaire: Les foraminiferes et les ostracodes du Lac de Tunis. I.G.B.A., Univ. Bordeaux. 20 pp.

ELLIS, B. F. & A. R. MESSINA. 1940. Catalogue of foraminifera. Am. Mus. Nat. Hist., Spec. Publ., 1-60.

GLEASON, H. A. 1926. The individualistic concept of plant association. Terrey Bot. Club, Bull., **53**: 7-26.

GONZÁLEZ, G. & R. LALANA. 1982. Aporte de materia orgánica del manglar al ecosistema acuático de lagunas costeras en Cuba. Rev. Invest. Mar., Univ. Habana **3** (1) 3-32.

HEINLE, D., D. FLEMER, J. USTACH, R. MURTAGH & R. HARRIS. 1973. The role of organic debris and associated micro organisms in pelagic food chains. Univ. Maryland, Water Res. Cent., Tech. Rep. (22) : 54 pp.

LOEBLICH, A. & H. TAPPAN. 1964. Part C. Protista 2. Sarcodina. Chiefly "Thecamoebians" and Foraminiferida, *in*: Treatise on Invertebrate Paleontology, Ed. por R. C. Moore, **1**, Geol. Soc. America and Univ. Kansas Press, Kansas C 70 - C 119.

MARGALEF, R. 1957. La teoría de la información en ecología. Mem. Acad. Cien. Art. Barcelona, **88** (13) : 373-447.

MCARTHUR, R. H. 1968. Theory of the niche, *in:* Population biology and evolution. Ed. por R. C. Lewontin. Univ. Syracuse: 159-176.

PARADA, C. & C. LONDOÑO. 1983. Foraminíferos bentónicos recientes del norte de Cartagena, Colombia. Inst. Cien. Nat., Mus. Hist. Nat., Biblioteca "José Jerónimo Triana", (6), U. Nacional de Colombia. 159 pp.

PARADA, C. & J. PINTO. 1986. Foraminíferos bentónicos de la plataforma continental interna de isla Barú. FEN Colombia. 212 pp.

PIELOU, E. 1975. Ecological diversity. New York: John Wiley & Sons. 165 pp.

SAUNDERS, J. 1958. Recent foraminifera of mangrove swamps and river estuaries and their fossil counterparts in Trinidad. Micropal., **4** (1) : 79-92.

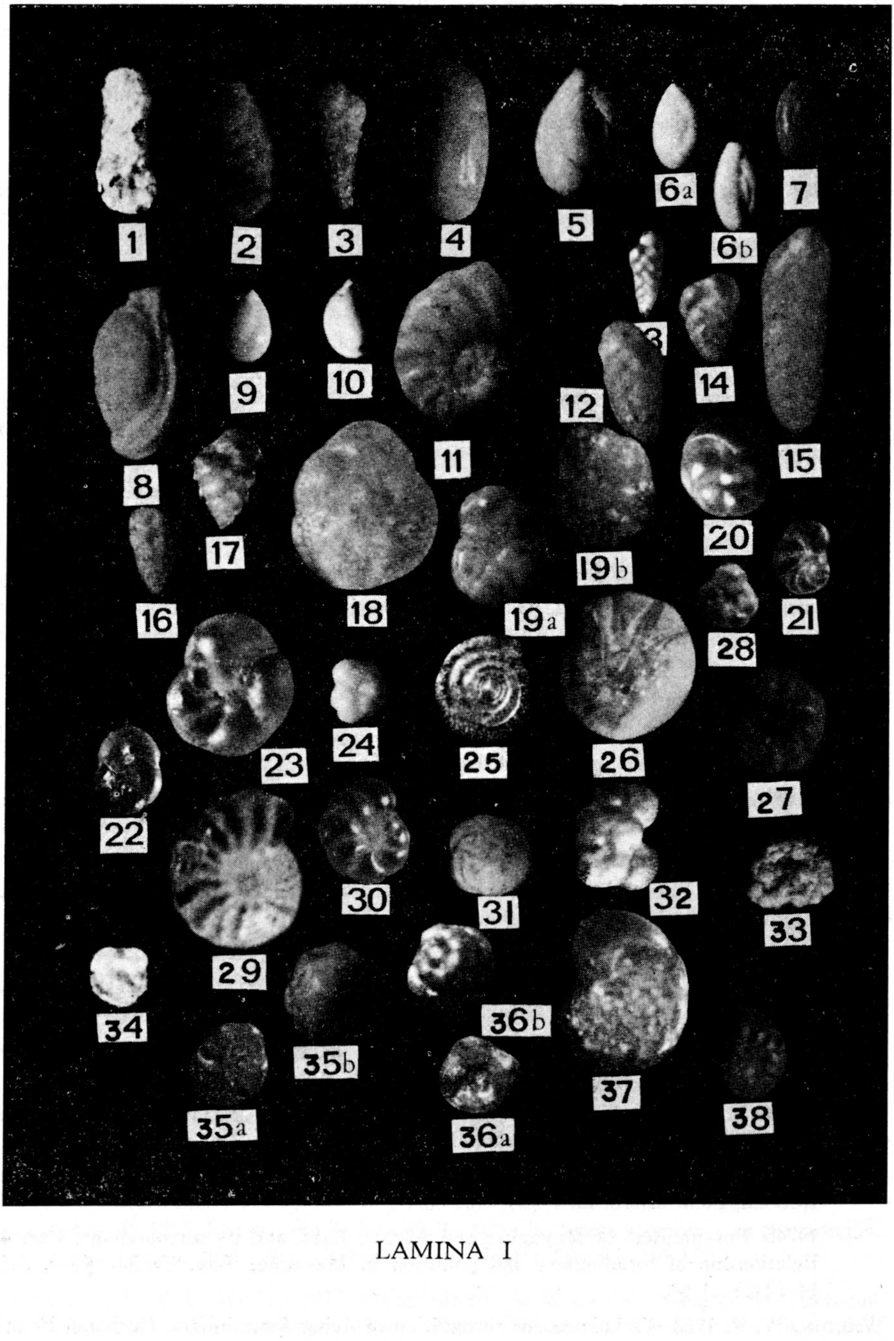
SEIGLIE, G. A. 1968. Foraminiferal assemblages as indicators of high organic carbon content in sediments and of polluted water. Am. Ass. Petrol. Geol., Bull., **52** (11) : 2231-2241.

— 1973. Pyritization in living foraminifera. Jour. Foram. Res., **3** (1) : 1-6.

— 1974a. Foraminifers of Guayanilla Bay and their use as environmental indicators. Rev. Española Micropal., **7** (3) : 453-487.

— 1974b. Foraminifers of Mayagüez and Añasco Bays, and its surroundings, Part 4: Relationship of foraminifers and pollution in Mayagüez Bay. Caribb. Jour. Sci., **14** (1-2) : 1-68.

WALTON, W. R. 1952. Techniques for recognition of living foraminifera. Cushman Found. Foram. Res., Contr., **3** (2) : 56-60.


1
2
3
4
5
6a
6b
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19a
19b
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35a
35b
36a
36b
37
38

LAMINA I

LAMINA I

FIGURA 1. *Ammobaculites agglutinans* (d'Orbigny) x 34.
FIGURA 2. *Ammotium salsum* (Cushman & Bronnimann) x 66.
FIGURA 3. *Gaudryina exilis* (Cushman & Bronniamann) x 88.
FIGURA 4. *Quinqueloculina bosciana* d'Orbigny x 118.
FIGURA 5. *Q. crassa* d'Orbigny var. *subcuneata* Cushman x 64.
FIGURA 6a-b. *Q. goësi* Todd y Bronnimann x 70.
FIGURA 7. *Q. laevigata* d'Orbigny x 20.
FIGURA 8. *Q. subpoeyana* Cushman x 70.
FIGURA 9. *Triloculina oblonga* (Montagu) x 45.
FIGURA 10. *T. trigonula* (Lamarck) x 40.
FIGURA 11. *Spirolina arietina* (Batsch) x 39.
FIGURA 12. *Bolivina inflata* Heron-Allen y Earland x 120.
FIGURA 13. *B. lowmani* Phleger y Parker x 69.
FIGURA 14. *B. pseudoplicata* Heron-Allen y Earland x 73.
FIGURA 15. *B. striatula* Cushman x 130.
FIGURA 16. *B. subexcavata* Cushman y Wickenden x 65.
FIGURA 17. *Sagrina pulchella primitiva* (Cushman) x 68.
FIGURA 18. *Discorbis avalonensis* (Natland) x 64.
FIGURA 19a-b. *D. granulosa* (Heron-Allen y Earland) x 96.
FIGURA 20. *Rosalina columbiensis* (Cushman) x 70.
FIGURA 21. *R. floridana* (Cushman) x 85.
FIGURA 22. *R. subaraucana* (Cushman) x 53.
FIGURA 23. R. *valvulata* d'Orbigny x 68.
FIGURA 24. *Glabratella hexacamerata* Seiglie y Bermúdez x 80.
FIGURA 25. *Spirillina vivipara* Ehrenberg x 250.
FIGURA 26. *Ammonia beccarii* (Linné) var. *parkinsoniana* (d'Orbigny) x 109.
FIGURA 27. *A. beccarii* (Linné) var. *sobrina* (Shupack) x 90.
FIGURA 28. *A. beccarii* (Linné) var. *tepida* (Cushman) x 64.
FIGURA 29. *Elphidium discoidale* (d'Orbigny) x 140.
FIGURA 30. *E. matagordanum* (Kornfeld) x 108.
FIGURA 31. *Amphistegina lessonii* d'Orbigny x 70.
FIGURA 32. *Cibicidella variabilis* (d'Orbigny) x 50.
FIGURA 33. *Planorbulina mediterranensis* d'Orbigny x 26.
FIGURA 34. *Cymbaloporetta bradyi* (Cushman) x 30.
FIGURA 35a-b. *C. squammosa* (d'Orbigny) x 30.
FIGURA 36a-b. *C. tobagoensis* (Bronnimann) x 70.
FIGURA 37. *Trichoyalus aguayoi* (Bermúdez) x 76.
FIGURA 38. *Nonionella auricula* Heron-Allen y Earland x 122.

ANEXO 1

SISTEMATICA DE LAS ESPECIES REGISTRADAS EN EL ESTUDIO

Suborden TEXTULARIINA Delage y Hérouard, 1896.
  Superfamilia LITUOLACEA de Blainville, 1825.
    Familia LITUOLIDAE de Blainville, 1825.
      Subfamilia LITUOLINAE de Blainville, 1825.
        Género *Ammobaculites* Cushman, 1910.
          Ammobaculites agglutinans (d'Orbigny).
        Género *Ammotium* Loeblich y Tappan, 1953.
          Ammotium salsum (Cushman y Bronnimann).
    Familia ATAXOPHRAGMIIDAE Schwager, 1877.
      Subfamilia VERNEUILININAE Cushman, 1911.
        Género *Gaudryina* d'Orbigny en de la Sagra, 1839.
          Gaudryina exilis Cushman y Bronnimann.

Suborden MILIOLINA Delage y Hérouard, 1896.
  Superfamilia MILIOLACEA Ehrenberg, 1839.
    Familia MILIOLIDAE Ehrenberg, 1839.
      Subfamilia QUINQUELOCULININAE Cushman, 1917.
        Género *Quinqueloculina* d'Orbigny, 1826.
          Quinqueloculina bosciana d'Orbigny.
          Quinqueloculina crassa d'Orbigny var. *subcuneata* Cushman.
          Quinqueloculina goësi Todd y Bronnimann.
          Quinqueloculina laevigata d'Orbigny.
          Quinqueloculina petrophila Bermúdez y Seiglie.
          Quinqueloculina planciana Cushman.
          Quinqueloculina subpoeyana Cushman.
          Quinqueloculina subpolygona Parr.
        Género *Siphonaperta* Vella, 1957.
          Siphonaperta sabulosa Cushman.
        Género *Triloculina* d'Orbigny, 1826.
          Triloculina gualtieriana d'Orbigny.
          Triloculina oblonga (Montagu).
          Triloculina trigonula (Lamarck).
    Familia SORITIDAE Ehrenberg, 1839.
      Subfamilia PENEROPLINAE Schultze, 1854.
        Género *Spirolina* Lamarck, 1804.
          Spirolina arietina (Batsch).

Suborden ROTALIINA Delage y Hérouard, 1896.
  Superfamilia BULIMINACEA Jones, 1875.
    Familia BOLIVINITIDAE Cushman, 1927.
      Género *Bolivina* d'Orbigny, 1839.
        Bolivina inflata Heron-Allen y Earland.
        Bolivina lowmani Phleger y Parker.
        Bolivina pseudoplicata Heron-Allen y Earland.
        Bolivina striatula Cushman.
        Bolivina subexcavata Cushman y Wickenden.
        Bolivina vaughani Natland.

    Familia UVIGERINIDAE Haeckel, 1894.
      Género *Sagrina* d'Orbigny en de la Sagra, 1839.
        Sagrina pulchella primitiva (Cushman).

  Superfamilia DISCORBACEA Ehrenberg, 1839.
    Familia DISCORBIDAE Ehrenberg, 1838.
      Subfamilia DISCORBINAE Ehrenberg, 1838.
        Género *Discorbis* Lamarck, 1804.
          Discorbis avalonensis (Natland).
          Discorbis conica (Hofker).
          Discorbis granulosa (Heron-Allen y Earland).
        Género *Rosalina* d'Orbigny, 1826.
          Rosalina columbiensis (Cushman).
          Rosalina floridana (Cushman).
          Rosalina globularis d'Orbigny.
          Rosalina subaraucana (Cushman).
          Rosalina valvulata d'Orbigny.

    Familia GLABRATELLIDAE Loeblich y Tappan, 1964.
      Género *Glabratella* Dorren, 1948.
        Glabratella hexacamerata Seiglie y Bermúdez.

  Superfamilia SPIRILLINACEA Reuss, 1862.
    Familia SPIRILLINIDAE Reuss, 1862.
      Subfamilia SPIRILLININAE Reuss, 1862.
        Género *Spirillina* Ehrenberg, 1843.
          Spirillina vivipara Ehrenberg.
  Superfamilia ROTALIACEA Ehrenberg, 1839.
    Familia ROTALIIDAE Ehrenberg, 1839.
      Subfamilia ROTALIINAE Ehrenberg, 1839.
        Género *Ammonia* Brunnich, 1772.
          Ammonia beccarii (Linné) var. *parkinsoniana* (d'Orbigny).

Ammonia beccarii (Linné) var. *sobrina* (Shupack).
Ammonia beccarii (Linné) var. *tepida* (Cushman).

Familia ELPHIDIIDAE Galloway, 1933.
Subfamilia ELPHIDIINAE Galloway, 1933.
Género *Elphidium* De Montfort, 1808.
Elphidium discoidale (d'Orbigny).
Elphidium matagordanum (Kornfeld).
Género *Cribroelphidium* Cushman y Bronnimann, 1948.
Cribroelphidium kugleri Cushman y Bronnimann.

Superfamilia ORBITOIDACEA Schwager, 1876.
Familia AMPHISTEGINIDAE Cushman, 1927.
Género *Amphistegina* d'Orbigny, 1827.
Amphistegina lessonii d'Orbigny.

Familia CIBICIDIDAE Cushman, 1927.
Subfamilia CIBICIDINAE Cushman, 1927.
Género *Cibicidella* Cushman, 1927.
Cibicidella variabilis (d'Orbigny).

Familia PLANORBULINIDAE Schwager, 1877.
Género *Planorbulina* d'Orbigny, 1826.
Planorbulina mediterranensis d'Orbigny.

Familia CYMBALOPORIDAE Cushman, 1927.
Género *Cymbaloporetta* Cushman, 1928.
Cymbaloporetta bradyi (Cushman).
Cymbaloporetta squammosa (d'Orbigny).
Cymbaloporetta tobagoensis (Bronnimann).

Superfamilia CASSIDULINACEA d'Orbigny, 1839.
Familia NONIONIDAE Schultze, 1854.
Subfamilia NONIONINAE Schultze, 1854.
Género *Nonionella* Cushman, 1926.
Nonionella auricula Heron-Allen y Earland.

Familia ANOMALINIDAE Cushman, 1927.
Subfamilia ANOMALININAE Cushman, 1927.
Género *Anomalina* d'Orbigny, 1826.
Anomalina aff. *A. hughesi* Rankin.

Familia ALABAMINIDAE Hofker, 1951.
Género *Trichoyalus* Loeblich y Tappan, 1953.
Trichoyalus aguayoi (Bermúdez).

ANEXO 2

LISTA ALFABETICA DE LOS FORAMINIFEROS IDENTIFICADOS

Ammobaculites agglutinans (d'Orbigny)	ICN-MHN	324
Ammonia beccarii (Linné) var. *parkinsoniana* (d'Orbigny)	” ”	312
A. beccarii (Linné) var. *sobrina* (Shupack)	” ”	145
A. beccarii (Linné) var. *tepida* (Cushman)	” ”	146
Ammotium salsum (Cushman y Bronnimann)	” ”	90
Amphistegina lessonii d'Orbigny	” ”	28
Anomalina aff. *A. hughesi* Rankin	” ”	374
Bolivina inflata Heron-Allen y Earland	” ”	96
B. lowmani Phleger y Parker	” ”	153
B. pseudoplicata Heron-Allen y Earland	” ”	306
B. striatula Cushman	” ”	155
B. subexcavata Cushman y Wickenden	” ”	157
B. vaughani Natland	” ”	352
Cibicidella variabilis (d'Orbigny)	” ”	38
Cribroelphidium kugleri Cushman y Bronnimann	” ”	104, 377
Cymbaloporetta bradyi (Cushman)	” ”	41
C. squammosa (d'Orbigny)	” ”	369
C. tobagoensis (Bronnimann)	” ”	370
Discorbis avalonensis (Natland)	” ”	354
D. conica (Hofker)	” ”	355
D. granulosa (Heron-Allen y Earland)	” ”	356
Elphidium discoidale (d'Orbigny)	” ”	169
E. matagordanum (Kornfeld)	” ”	174
Gaudryina exilis Cushman y Bronnimann	” ”	106
Glabratella hexacamerata Seiglie y Bermúdez	” ”	361
Nonionella auricula Heron-Allen y Earland	” ”	221
Planorbulina mediterranensis d'Orbigny	” ”	231
Quinqueloculina bosciana d'Orbigny	” ”	242
Q. crassa d'Orbigny var. *subcuneata* Cushman	” ”	339
Q. *goësi* Todd y Bronnimann	” ”	340
Q. laevigata d'Orbigny	” ”	73
Q. petrophila Bermúdez y Seiglie	” ”	125
Q. planciana d'Orbigny	” ”	410
Q. subpoeyana Cushman	” ”	259
Q. subpolygona Parr	” ”	342
Rosalina columbiensis (Cushman)	” ”	264

R. floridana (Cushman)	”	”	144
R. globularis d'Orbigny	”	”	358
R. subaraucana (Cushman)	”	”	267
R. valvulata d'Orbigny	”	”	359
Sagrina pulchella primitiva (Cushman)	”	”	33
Siphonaperta sabulosa (Cushman)	”	”	257
Spirillina vivipara Ehrenberg	”	”	362
Spirolina arietina (Batsch)	”	”	127
Trichoyalus aguayoi (Bermúdez)	”	”	376
Triloculina gualtieriana d'Orbigny	”	”	343
T. inflata d'Orbigny	”	”	292
T. oblonga (Montagu)	”	”	294
T. trigonula (Lamarck)	”	”	15